บทที่ 8

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

8.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวสรุปการวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษาโดยจะกล่าวถึงภาพรวมของการศึกษาทั้งหมดที่มีการศึกษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะสิ่งที่จำเป็นและมีความสำคัญกับการศึกษา รวมทั้งการนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.2 บทสรุป

ผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับผลกระทบต่อเสาเข็มอันเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ พบว่ามีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น สภาพทางธรณีวิทยาของชั้นดิน รวมทั้งปัจจัยในการควบคุมหัวเจาะ เสาเข็ม หรือแม้แต่น้ำหนักบรรทุกที่กระทำที่หัวเสาเข็ม ซึ่งจากการศึกษาที่มีมาก่อนหน้านี้ได้ใช้วิธีต่างๆที่มีความแตกต่างกัน และผลลัพธ์ที่ได้ยังคงไม่ชัดเจนมากนัก และหากจะนำไปประยุกต์ใช้กับสภาพพื้นที่ต่างๆอาจจะไม่เหมาะสมนักโดยเฉพาะในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลที่มีสภาพชั้นดินเป็นดินอ่อน และแรงดันน้ำใต้ดินมีสภาพไม่คงที่ตามความลึกของชั้นดิน เพราะยังมีอีกหลายปัจจัยที่ในแต่ละการศึกษาไม่ได้นำมาพิจารณาประกอบในการศึกษา จากสาเหตุดังกล่าวทำให้มองเห็นภาพรวมของที่มาและสาเหตุของปัญหา หนึ่งในวิธีการวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับในการศึกษาผลกระทบของเสาเข็มจากการขุดเจาะอุโมงค์คือวิธีสองขั้นตอน ซึ่งจะวิเคราะห์โดยแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนคือ 1) ขั้นตอนที่ 1 หาค่าการเคลื่อนตัวของดินจากการขุดเจาะอุโมงค์ ในขั้นตอนนี้จะไม่มีเสาเข็มมาเกี่ยวข้อง และ 2) ขั้นตอนที่ 2 นำค่าการเคลื่อนตัวของดินที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 มาทำการวิเคราะห์หาผลกระทบต่อเสาเข็ม โดยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ ไฟไนต์ดิฟเฟอเรนต์ เป็นต้น ซึ่งในขั้นตอนที่ 1 มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ถ้าหากการเคลื่อนตัวของดินมีค่าไม่เหมาะสมหรือไม่สมจริงแล้วจะทำให้ค่าพฤติกรรมของเสาเข็มที่ได้ในขั้นตอนที่ 2 มีค่าที่ไม่เหมาะสมด้วย แต่ถ้าหากค่าการเคลื่อนตัวของดินในขั้นตอนที่ 1 มีค่าที่ถูกต้องก็ย่อมทำให้ค่าพฤติกรรมของเสาเข็มมีค่าที่เหมาะสมมีความสมจริงมากขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้วิธีสองขั้นตอนทำการศึกษาพฤติกรรมของเสาเข็มสั้นที่มีตำแหน่งปลายเสาเข็มจากผิวดินไม่เกินยอดของอุโมงค์และได้สร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบ เพื่อประยุกต์ใช้ประเมินผลกระทบต่อเสาเข็มที่อยู่ใกล้กับแนวการก่อสร้างอุโมงค์ในชั้นดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ โดยที่การวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1 ได้ใช้ข้อมูลค่าการเคลื่อนตัวของดินที่วัดได้จริงในโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล และในขั้นตอนที่ 2 ได้นำค่าการเคลื่อนตัว

ของดินดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อเสาเข็มด้วยวิธี ไฟไนต์อิลิเมนต์ 3 มิติ ซึ่งผลการศึกษาสรุปดังรูปที่ 8.1 ซึ่งแสดงบริเวณที่มีอิทธิพลต่อเสาเข็มทั้งหมด 6 โซน จากรูปค่า D_x เท่ากับ 10R ซึ่ง Peck (1969) ได้เสนอระยะที่มีอิทธิพลต่อเสาเข็มเป็นระยะห่างจากศูนย์กลางของหัวเจาะเท่ากับ 3i (i คือ Settlement trough width parameter ในการศึกษานี้ค่า i มีค่าเท่ากับ 9.3 เมตร) ดังนั้นระยะ 10R ตามที่ได้ทำการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เป็นค่าที่เหมาะสม รายละเอียดของแต่ละโซนมีดังนี้

โซนที่ 1 จะเป็นบริเวณที่ห่างจากด้านหน้าของหัวเจาะเกิน 3R และมีความลึกจากผิวดินถึงยอดอุโมงค์ การเคลื่อนตัวของเสาเข็มในบริเวณนี้จะมีค่าน้อยมาก ผลจากการเคลื่อนตัวของดินจะไม่ทำให้เกิดแรงตามแนวแกนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเสาเข็มมีระดับปลายเสาเข็มไม่เกินระยะ 0.7H จากผิวดิน แต่เมื่อเสาเข็มมีระดับปลายเสาเข็มมากกว่านี้เสาเข็มจะรับแรงเพิ่มมากขึ้นแต่ยังมีค่าไม่มากนัก เมื่อเสาเข็มมีระยะห่างจากอุโมงค์มากขึ้นการเคลื่อนตัวของเสาเข็มและแรงตามแนวแกนจะมีค่าลดลง

โซนที่ 2 จะเป็นบริเวณที่ห่างจากด้านหน้าของหัวเจาะอุโมงค์เท่ากับ 3R และมีความลึกจากผิวดินถึงระยะ 7H จากผิวดิน การเคลื่อนตัวของเสาเข็มในบริเวณนี้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่า โซนที่ 1 เสาเข็มจะรับค่าแรงตามแนวแกนที่เพิ่มขึ้นจากเดิมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งอาจจะเกิดจากดินที่อยู่โดยรอบเสาเข็มเป็นดินอ่อนทำให้เสาเข็มเคลื่อนตัวไปตามการเคลื่อนตัวของดิน และสภาพของดินไม่ได้ต่อต้านการเคลื่อนตัวของเสาเข็มทำให้แรงตามแนวแกนไม่เพิ่มขึ้นมากนัก และเมื่อเสาเข็มมีระยะห่างจากอุโมงค์มากขึ้นการเคลื่อนตัวของเสาเข็มและแรงตามแนวแกนจะมีค่าลดลง

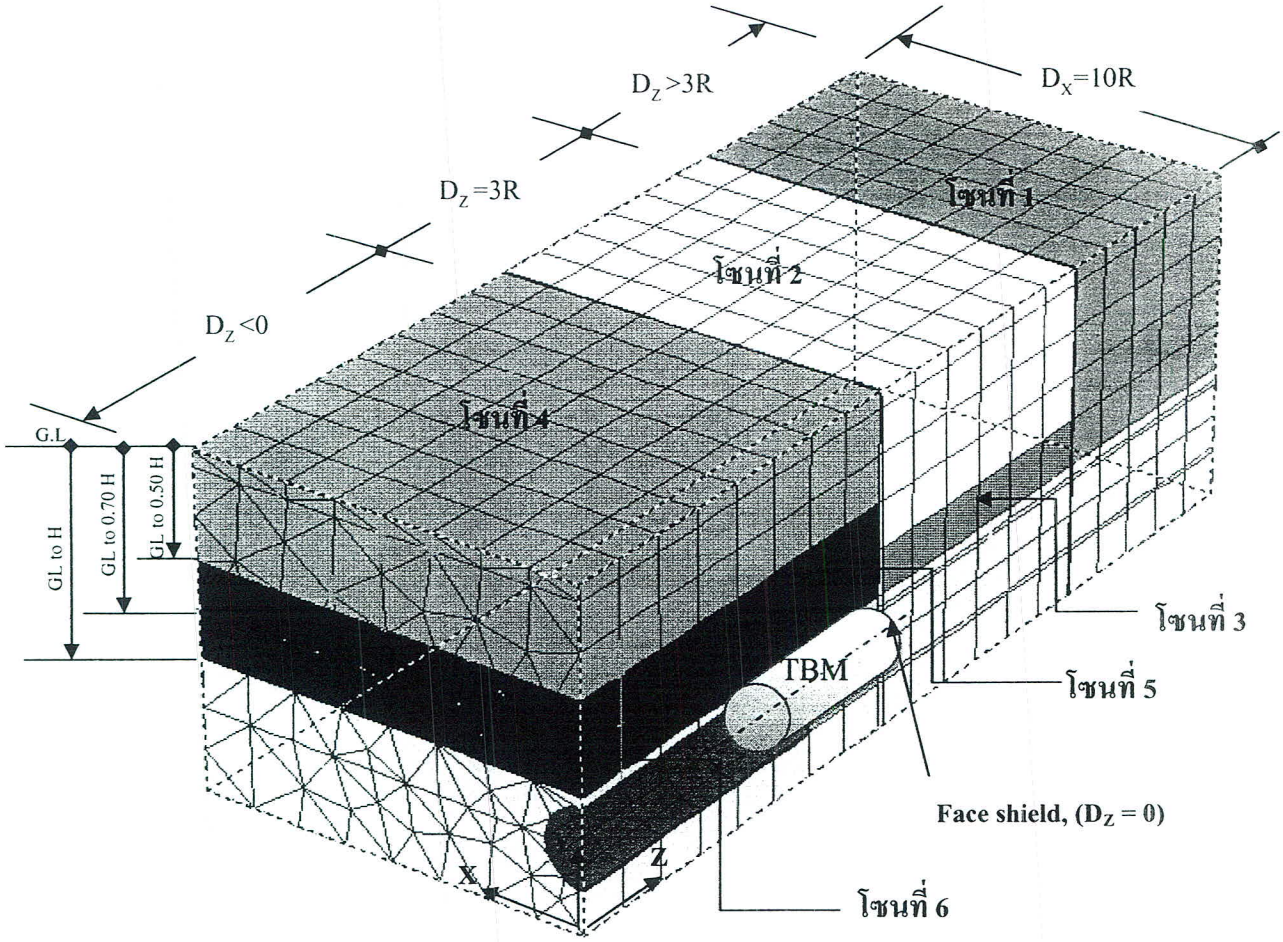
โซนที่ 3 จะเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างหน้าหัวเจาะอุโมงค์ถึงระยะเท่ากับ 3R และมีความลึกอยู่ที่ระยะ 0.7H จากผิวดินถึงยอดอุโมงค์ การเคลื่อนตัวของเสาเข็มในบริเวณนี้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่าโซนที่ 2 เมื่อระยะของเสาเข็มห่างจากอุโมงค์ไม่เกิน 2.5R แต่เมื่อระยะมากขึ้นเกินค่าดังกล่าว ค่าการเคลื่อนตัวของเสาเข็มจะใกล้เคียงกับ โซนที่ 1 และมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างของเสาเข็มกับอุโมงค์เพิ่มมากขึ้น ค่าแรงตามแนวแกนที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มก่อให้เกิดแรงดึงขึ้นในเข็มเมื่อเสาเข็มห่างจากอุโมงค์ไม่เกินระยะประมาณ 2.5R แต่เมื่อระยะห่างของเสาเข็มจากอุโมงค์เพิ่มมากขึ้นเกินระยะดังกล่าวค่าแรงตามแนวแกนจะเริ่มกลายเป็นแรงอัดเพิ่มมากขึ้นและเริ่มลดลงเมื่อมีระยะห่างของเสาเข็มกับอุโมงค์เพิ่มมากขึ้น

โซนที่ 4 จะเป็นบริเวณที่หน้าหัวเจาะอุโมงค์ได้ผ่านเลยไปแล้ว และมีความลึกจากผิวดินเท่ากับ 0.5H จากผิวดิน การเคลื่อนตัวของเสาเข็มในบริเวณนี้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่า โซนที่ 3 ค่าแรงตามแนวแกนมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อระยะห่างของเสาเข็มกับอุโมงค์เพิ่มมากขึ้นค่าการเคลื่อนตัวของเสาเข็มเริ่มลดลงและค่าแรงตามแกนเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและค่อยๆลดน้อยลง

โซนที่ 5 จะเป็นบริเวณที่หน้าหัวเจาะอุโมงค์ได้ผ่านเลยไปแล้ว และมีความลึกอยู่ที่ระยะ 0.5H ถึง 0.7H จากผิวดิน เมื่อระยะของเสาเข็มห่างจากอุโมงค์ไม่เกินระยะ 2.5R การเคลื่อนตัวของเสาเข็มในบริเวณนี้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นกว่า โซนที่ 4 และแรงตามแนวแกนจะมีแนวโน้มที่เกิดแรงดึงที่มีค่า

สูง แต่เมื่อเสาเข็มห่างจากอุโมงค์เกินระยะ 2.5R แรงตามแนวแกนที่มีค่าเป็นแรงดึงจะเริ่มลดลงและกลับกลายเป็นแรงอัดและค่อยๆเริ่มลดลงเมื่อระยะของเสาเข็มห่างจากอุโมงค์เพิ่มมากขึ้น

โซนที่ 6 จะเป็นบริเวณที่หน้าหัวเจาะอุโมงค์ได้ผ่านเลยไปแล้ว และมีความลึกอยู่ที่ระยะ 0.7H จากผิวดินถึงยอดอุโมงค์ ในบริเวณนี้ลักษณะการเคลื่อนตัวและแรงตามแนวแกนที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับ โซนที่ 5 โดยที่จะก่อให้เกิดการเคลื่อนตัวของเสาเข็มมากที่สุดและเกิดแรงตามแกนสูงมาก โดยที่เมื่อระยะของเสาเข็มห่างจากอุโมงค์ไม่เกินระยะ 2.5R เสาเข็มจะเกิดแรง Negative Skin- Fiction กระทำต่อเสาเข็มจนทำให้เสาเข็มเกิดแรงดึงขึ้นในเสาเข็มที่มีค่าสูงมากแต่จะมีค่าลดลงเมื่อเสาเข็มมีระยะของเสาเข็มห่างจากอุโมงค์เกินระยะดังกล่าวและมีค่ากลับกลายเป็นแรงอัดและจึงค่อยๆลดลงเมื่อเสาเข็มห่างจากอุโมงค์มากขึ้น



รูปที่ 8.1 พฤติกรรมของเสาเข็มในแต่ละโซนจากการขุดเจาะอุโมงค์ในดินเหนียวอ่อนกรุงเทพฯ

* หมายเหตุ G.L คือระดับผิวดิน, H คือความลึกจากผิวดินถึงยอดอุโมงค์, D_Z คือระยะห่างจากหน้าหัวเจาะถึงศูนย์กลางของเสาเข็มในแนวแกน Z, D_X คือระยะห่างจากศูนย์กลางของอุโมค์ถึงศูนย์กลางของเสาเข็มในแนวแกน X

8.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ในสภาพของชั้นดินเหนียวอ่อน ดังนั้นพฤติกรรมของเสาเข็มที่ได้จะเป็นพฤติกรรมการตอบสนองของเสาเข็มต่อการเคลื่อนตัวของดินในชั้นดินเหนียวอ่อนอันเนื่องมาจากจากการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยหัวเจาะ และค่าแรงดันที่ด้านหน้าของหัวเจาะจะต้องมีค่าที่น้อยกว่าแรงดันดิน รวมทั้งเสาเข็มที่ใช้เป็นเสาเข็มคอนกรีตที่มีระยะตำแหน่งของปลายเสาเข็มจากผิวดินไม่เกินยอดของอุโมงค์ เท่านั้น และควรติดตั้งอุปกรณ์การวัดค่าทางธรณีเทคนิคร่วมกับกราฟความสัมพันธ์เพื่อการออกแบบที่ได้เสนอในงานวิจัยนี้ เพื่อตรวจสอบผลกระทบต่อเสาเข็มที่เกิดขึ้นและให้การปฏิบัติงานมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น